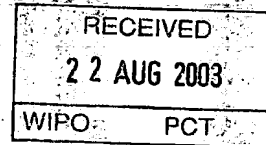


PCT/EP 03 / 06925

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 40 180.2

**Anmeldetag:** 27. August 2002

**Anmelder/Inhaber:** Putzmeister Aktiengesellschaft, Aichtal/DE

**Bezeichnung:** Vorrichtung zur Betätigung eines Knickmasts

**IPC:** E 04 G, B 25 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. Juli 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Faust

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

A 9161  
03/00  
EDV-L

**BEST AVAILABLE COPY**

10/3083

**WOLF & LUTZ**

Patentanwälte  
European Patent and Trademark Attorneys

STUTTGART

Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Eckhard Wolf\*  
Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Johannes Lutz\*  
Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Thomas Pfiz\*

BADEN-BADEN

Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Thilo Corts

Zustelladresse:

Hauptmannsreute 93  
D-70193 Stuttgart

Telefon 0711 - 187760

Telefax 0711 - 187765

Putzmeister Aktiengesellschaft

Max-Eyth-Straße 10

72631 Aichtal

---

Vorrichtung zur Betätigung eines Knickmasts

---

A 16 534

27.08.02

f - ru/re

## Vorrichtung zur Betätigung eines Knickmasts

### Beschreibung

- 5 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Betätigung eines Knickmasts, der an einem vorzugsweise um eine Hochachse an einem Gestell drehbaren Mastbock angelenkt ist und der mindestens drei Mastarme aufweist, die um jeweils horizontale, zueinander parallele Knickachsen gegenüber dem Mastbock oder einem benachbarten Mastarm mittels je eines Antriebsaggregats
- 10 begrenzt verschwenkbar sind, mit einer Regeleinrichtung zur Ansteuerung der Antriebsaggregate für die Mastbewegung, die einen auf eine vorzugsweise in einem gestellfesten oder mastbockfesten Koordinatensystem vorgegebene Führungsgröße und auf mittels Winkelsensoren an den Mastarmen bestimmte Winkelmesswerte ansprechenden Koordinatentransformator
- 15 zur Umsetzung in knickachsbezogene Bewegungssignale für die Antriebsaggregate nach Maßgabe einer vorgegebenen Weg-/Schwenk-Charakteristik aufweist.

- Vorrichtungen dieser Art werden beispielsweise in Großmanipulatoren insbesondere für Betonpumpen eingesetzt. Derartige Großmanipulatoren werden durch einen Bediener betätigt, der über ein Fernsteuergerät sowohl für die Pumpensteuerung als auch für die Positionierung eines an der Spitze des Knickmasts angeordneten Endschlauchs verantwortlich ist. Der Bediener hat dazu mehrere rotatorische Freiheitsgrade des Knickmasts über die zugehörigen Antriebsaggregate unter Bewegung des Knickmasts im nicht
- 25 strukturierten dreidimensionalen Arbeitsraum bei Beachtung der Baustellenrandbedingungen zu betätigen. Die Einzelachsenbetätigung hat zwar den Vorteil, dass die einzelnen Mastarme individuell in jede beliebige, nur durch ihren Schwenkbereich begrenzte Lage gebracht werden können. Jeder Achse des Knickmasts oder des Mastbocks ist dabei eine Hauptstellrichtung der
- 30 Fernsteuerorgane des Fernsteuergeräts zugeordnet, so dass bei Vorhan-

densein von drei und mehr Mastarmen die Betätigung unübersichtlich wird. Der Bediener muss stets sowohl die betätigten Achsen als auch den Endschlauch im Auge behalten, um das Risiko von unkontrollierten Bewegungen am Endschlauch und damit eine Gefährdung des Baustellenpersonals zu vermeiden.

Um die Handhabung in dieser Hinsicht zu erleichtern, wurde bereits eine Betätigungsvorrichtung vorgeschlagen (DE-A-4306127), bei der die redundanten Knickachsen des Knickmasts in jeder Drehlage des Mastbocks unabhängig von dessen Drehachse mit einem einzigen Stellvorgang des Fernsteuerorgans gemeinsam angesteuert werden. Dabei führt der Knickmast eine für den Bediener anschauliche Streck- und Verkürzungsbewegung aus, wobei die Höhe der Mastspitze konstant gehalten wird. Um dies zu ermöglichen, weist dort die Steuereinrichtung einen über das Fernsteuerorgan ansteuerbaren, rechnerunterstützten Koordinatentransformator für die Antriebsaggregate auf, über den in der einen Hauptstellrichtung des Fernsteuerorgans die Antriebsaggregate der Knickachsen unabhängig vom Antriebsaggregat der Drehachse des Mastbocks unter Ausführung einer Streck- und Verkürzungsbewegung des Knickmasts bei vorgegebener Höhe der Mastspitze betätigbar sind. In einer anderen Hauptstellrichtung sind die Antriebsaggregate der Knickachsen unabhängig vom Antriebsaggregat der Drehachse unter Ausführung einer Hub- und Senkbewegung der Mastspitze betätigbar. Zur Optimierung des Bewegungsablaufs beim Streck- oder Verkürzungsvorgang wird es dort als wichtig angesehen, dass die Antriebsaggregate der redundanten Knickachsen des Knickmasts jeweils nach Maßgabe einer Weg-/Schwenk-Charakteristik betätigbar sind. Dazu gehört, dass die Weg-/Schwenk-Charakteristik im Koordinatentransformator unter der Einwirkung von an den einzelnen Mastarmen angreifenden lastabhängigen Biege- und Torsionsmomenten modifiziert wird.

Um die Bewegungsabläufe im Knickmast zu erfassen, sind an den Mastarmen Winkelgeber zur Bestimmung der Knickwinkel vorgesehen. Die einzelnen Winkelgeber messen jeweils nur den Knickwinkel zwischen zwei Mastarmen einer Knickachse. Diese Art der Winkelmessung ist stabil, da das System im Achsbereich relativ steif ist und da die Winkelgeber den tatsächlichen Knickwinkel recht genau angeben. Der achsbezogene Messwert ist unabhängig von den Messwerten an den anderen Achsen. Dadurch erhält man eine relativ einfache mathematische Zuordnung zwischen den Knickwinkeln einerseits und der augenblicklichen Position des Endschlauchs andererseits. Man spricht hier von einer Koordinatentransformation zwischen den knickachsbezogenen Winkelkoordinaten und den gestellfesten Zylinderkoordinaten, in denen der Endschlauch des Geräts bewegt wird.

Der knickachsbezogene Winkelmesswert ist auch unabhängig von der Durchbiegung der einzelnen Mastarme aufgrund der angreifenden Lastmomente. Die Durchbiegung muss zusätzlich mathematisch berücksichtigt werden. Dazu muss zunächst die Masse der einzelnen Armpartien und dabei insbesondere die Füllung der zugehörigen Verteilerrohre mit Beton ermittelt werden. Die Durchbiegung geht dann rein rechnerisch in die Koordinatentransformation ein. Dies wird als nachteilig angesehen.

Andererseits hat es sich in dynamischer Hinsicht als vorteilhaft erwiesen, dass die knickachsbezogenen Winkelmessungen keine Informationsanteile über den Schwingungszustand selbst enthalten, so dass bezüglich der Winkelmessungen eine dynamische Entkopplung vorliegt. Die relativ stabilen Achswinkel ermöglichen daher eine Störgrößenrückführung unter Verwendung einer zusätzlichen Information über den Schwingungszustand in den einzelnen Achsen, z.B. den dynamischen Druckverlauf im zugehörigen Stellzylinder. Damit ist eine wirksame Schwingungsdämpfung möglich (vgl. DE-A-10046546).

Die bekannte Anordnung, bei der die Mastarm-Winkel in einem knickachsbezogenen gestellfesten Koordinatensystem gemessen werden, hat folgende Nachteile:

- 5 a) Die Montage der Winkelgeber im Bereich der Knickachsen ist aufwendig, da sich im Achsbereich viel konstruktives Material befindet, das den Anbau der Winkelgeber stört.
- 10 b) Die Masse der achsbezogenen Winkelgeber einschließlich Verkabelung ist mit ca. 50 kg pro Achse relativ hoch.
- 15 c) Mit den knickachsbezogenen Winkelgebern werden nur die Knickwinkel gemessen, und zwar ohne Berücksichtigung der Durchbiegung der einzelnen Mastarme. Für die durch die angreifenden Lastmomente ohne und mit Betonfüllung der Verteilerrohre sich ergebende Durchbiegung ist ein zusätzliches mathematisches Modell erforderlich, das fehlerbehaftet sein kann.

20 Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Betätigung eines Knickmasts insbesondere für Großmanipulatoren zu entwickeln, deren Messgeräte, Befestigungsteile und Verdrahtung ein geringes Gewicht aufweisen und einfach montierbar sind, und mit welcher auch Informationen über die Durchbiegung der Mastarme und die Dynamik des Systems messtechnisch erfassbar und regelungstechnisch verwertbar  
25 sind.

Zur Lösung dieser Aufgabe werden die in den Ansprüchen 1 und 11 angegebenen Merkmalskombinationen vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen  
30 Ansprüchen.

Eine erste Lösungsvariante der Erfindung sieht vor, dass an den Mastarmen vorzugsweise im Abstand von den Knickachsen geodätische Winkelsensoren zur Bestimmung von den einzelnen Mastarmen zugeordneten erdfesten Winkelmesswerten starr angeordnet sind. Um auch eine nicht horizontale Ausrichtung des Mastbocks und des diesen tragenden Gestells bei der Koordinatentransformation berücksichtigen zu können, ist es vorteilhaft, wenn zusätzlich ein am Mastbock und/oder mindestens ein am Gestell angeordneter geodätischer Winkelsensor zur Messung eines dem Mastbock und/oder dem Gestell zugeordneten erdfesten Winkelmesswerts vorgesehen ist.

10

Eine bevorzugte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die geodätischen Winkelsensoren als auf die Gravitation der Erde ansprechende Neigungswinkelgeber ausgebildet sind.

15 Die mit den erfindungsgemäßen geodätischen Winkelsensoren bestimmten erdfesten Winkelmesswerte können in der erfindungsgemäßen Betätigungsvorrichtung in verschiedener Weise ausgewertet werden:

a) Statisch können hieraus die einzelnen Knickwinkel berechnet werden. Über die Knickwinkel lässt sich dann eine Beziehung zu den gestellfesten Zylinderkoordinaten herstellen. Die herkömmliche Koordinatentransformation bestimmt aus den Knickwinkeln die Ausrichtung der einzelnen Mastarme im Raum und daraus die augenblickliche Position des Endschlauchs in radialer Richtung und in ihrer Höhe über dem Untergrund.

20

25

b) Die erfindungsgemäßen geodätischen Winkelmesswerte der Mastarme lassen sich auch unmittelbar ohne den Umweg über die Knickwinkel in die Zylinderkoordinaten des Endschlauchs umrechnen.

30

- c) In beiden Fällen a) und b) sind die statischen Deformationseffekte aufgrund der Lastmomente in den Messwerten schon enthalten. Auch die auf eine Deformation im Unterbau zurückzuführende Aufstellneigung ist bereits berücksichtigt.

5

- d) Beim Auseinander- und Zusammenfallen des Knickmasts müssen die Winkelstellungen in den Knickachsen gemäß Buchstabe a) bekannt sein, damit die Mastarme kollisionsfrei gegeneinander bewegt werden können. Dazu gehört auch die Eigenkollision, nämlich die Kollision zwischen den einzelnen Mastarmen und mit deren Anbauteilen.

10

Um dies alles zu ermöglichen, wird gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung vorgeschlagen, dass der Koordinatentransformator eine Softwareroutine zur Umrechnung von erdfesten mastarmbezogenen Winkel-

15 messwerten in Knickwinkel aufweist. Zusätzlich sollte der Koordinatentransformator eine Softwareroutine zur Umrechnung der Führungsgröße im gestellfesten Zylinderkoordinatensystem nach Maßgabe einer vorgegebenen Weg-/Schwenk-Charakteristik des Knickmasts in Führungsknickwinkel aufweisen.

20

Bei der Verwendung geodätischer Winkelsensoren an den Mastarmen wirken sich die Neigungen in den vorhergehenden Armen und deren Änderungen unmittelbar auf die Winkelmesswerte der Nachbararme aus. Wenn also der erste Mastarm in seinem Neigungswinkel verändert wird, dann ändern

25 sich auch die Neigungen der folgenden Mastarme um einen entsprechenden Betrag. Dies ist nicht nur im stationären Zustand, sondern auch bei dynamischen Neigungsänderungen zu berücksichtigen. Masseneffekte oder Trägheitseffekte, die bei diesen Änderungen auftreten, verteilen sich auch dynamisch auf die einzelnen Mastarme. Bei der Koordinatentransformation muss

30 also unterschieden werden, ob eine Neigungsänderung vom Messarm selbst oder einem vorhergehenden Mastarm herrührt. Dies führt zu einem Zuord-



nungsproblem: Bei jeder gemessenen Winkeländerung an einzelnen Mastarmen muss ermittelt werden, welcher Änderungsanteil von welchem Mastarm herrührt. Dazu ist ein mathematisches Modell erforderlich, das eine Entkopplung der geodätischen Winkelmessungen in den einzelnen Mastarmen bewirkt. Gemäß der Erfindung wird hierzu eine dynamische Entkopplung der auf die knickachsbezogenen Winkelkoordinaten umgerechneten Signale durchgeführt. Dazu ist gemäß der Erfindung eine auf dynamische Winkelmesswerte ansprechende Softwareroutine zu deren Aufteilung in niederfrequente und hochfrequente Winkelmesswertanteile vorgesehen. Weiter ist gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung eine Gruppe von knickachsbezogenen Regelvergleichern vorgesehen, die mit den stationären oder niederfrequenten Anteilen der Knickwinkel als Istwerte und mit den Führungsknickwinkeln als Sollwerte beaufschlagbar sind und die ausgangseitig mit knickachsbezogenen Führungsgrößenreglern zur Ansteuerung der Antriebsaggregate der betreffenden Knickachsen verbunden sind.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist eine Gruppe von knickachsbezogenen Störgrößenreglern vorgesehen, die mit den knickachsbezogenen hochfrequenten Anteilen der dynamischen Winkelmesswerte beaufschlagbar sind und die an die Signaleingänge der zugehörigen Antriebsaggregate der Knickachsen unter Bildung einer Störgrößenaufschaltung angeschlossen sind. Den Störgrößenreglern kann dabei eine auf die dynamischen erdfesten Winkelmesswerte und den summarischen hochfrequenten Anteil der Knickwinkel ansprechende Softwareroutine zur Bestimmung der hochfrequenten Anteile der einzelnen Knickwinkel vorgeschaltet sein.

Die vorstehend beschriebene Zerlegung der dynamischen Winkelmesswerte führt dazu, dass verschiedene Regelsignale unterschiedlicher Kategorie erhalten und in unterschiedlichen Regelkreisen ausgewertet werden: Einen Führungsgrößenregler, der das vom Bediener vorgegebene Führungsverhal-

ten beeinflusst und einen Störgrößenregler, der das Schwingungsverhalten beeinflusst. Die beiden Reglergruppen werden mit den Istwert-Signalanteilen aus dieser Zerlegung beaufschlagt. Die Sollwerte des Führungsgrößenreglers werden erzeugt aus den ankommenden Daten beispielsweise eines  
5 Joysticks, also aus den Vorgaben des Bedieners, unter zusätzlicher Berücksichtigung einer voreingestellten Weg-/Schwenk-Charakteristik, während die herausgeteilten Störgrößen über den Störgrößenregler zum Zwecke der Schwingungsdämpfung auf Null geregelt werden. Das Führungsverhalten umfasst gemäß der Erfindung zusätzlich die statische Deformation der Mast-  
10 arme und die Aufstellneigung des Unterbaus.

Eine zweite Lösungsalternative besteht darin, dass an den Mastarmen jeweils ein satellitengestütztes GPS-Modul (Global Positioning System) zur Bestimmung von den einzelnen Mastarmen zugeordneten erdfesten  
15 Positionsmesswerten starr angeordnet ist, wobei der Koordinatentransformator mit den Positionsmesswerten der GPS-Module beaufschlagbar ist. Vorteilhafterweise ist zusätzlich ein am Mastbock angeordnetes GPS-Modul und gegebenenfalls mindestens ein am Gestell angeordnetes GPS-Modul zur Bestimmung von dem Mastbock und/oder dem Gestell zugeordneten  
20 erdfesten Positionsmesswerten vorgesehen. Die erdfesten mastarmbezogenen Positionsmesswerte werden vorteilhafterweise mit Hilfe einer Softwareroutine des Koordinatentransformators in Knickwinkel umgesetzt. Vorteilhafterweise weist der Koordinatentransformator zusätzlich eine  
25 Softwareroutine zur Umrechnung der Führungsgröße nach Maßgabe einer vorgegebenen Weg-/Schwenk-Charakteristik des Knickmasts in gestellfeste Führungsknickwinkel auf. Wenn die Positionsmesswerte auch dynamische Positionsinformationen mit ausreichend hoher Frequenz enthalten, ist es von Vorteil, wenn eine auf dynamische Positionsmesswerte ansprechende Soft-  
30 wareroutine zu deren Aufteilung in niederfrequente und hochfrequente Positionsmesswertanteile vorgesehen ist. In diesem Falle ist es vorteilhaft, wenn eine Gruppe von Regelvergleichen vorgesehen ist, die mit den stationären oder niederfrequenten Anteilen der Knickwinkel als Istwerte und

ten Anteilen der Knickwinkel als Istwerte und den Führungsknickwinkeln als Sollwerte beaufschlagbar sind und die ausgangsseitig mit einem knickachsbezogenen Führungsgrößenregler zur Ansteuerung der Antriebsaggregate der betreffenden Knickachsen verbunden sind. Die Führungsgrößenregler  
5 sorgen dafür, dass die Vorgaben eines Bedieners beispielsweise mit Hilfe eines Joysticks in die gewünschte Verkürzungs- oder Streckbewegung des Knickmasts umgesetzt wird. Zur Schwingungsdämpfung kann zusätzlich eine Gruppe von knickachsbezogenen Störgrößenreglern vorgesehen werden, die mit den knickachsbezogenen hochfrequenten Anteilen der dynamischen  
10 Winkelmesswerte beaufschlagbar sind und die an die Signaleingänge der zugehörigen Antriebsaggregate der Knickachsen unter Bildung einer Störgrößenaufschaltung angeschlossen sind. Den Störgrößenreglern ist dabei zweckmäßig eine auf die dynamischen erdfesten Positionsmesswerte und den summarischen hochfrequenten Anteil der Knickwinkel ansprechende  
15 Softwareroutine zur Bestimmung der knickachsbezogenen hochfrequenten Anteile der Knickwinkel vorgeschaltet.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung in schematischer Weise dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen

20

Fig. 1 eine Seitenansicht einer Autobetonpumpe mit zusammengelegtem Knickmast;

25

Fig. 2 die Autobetonpumpe nach Fig. 1 mit Knickmast in Arbeitsstellung;

Fig. 3 ein Schema zur Transformation der geodätischen (erdfesten) Winkelmesswerte in knickachsbezogene Winkelmesswerte;

30

Fig. 4 ein Schema einer Vorrichtung zur Betätigung des Knickmasts.

Die Autobetonpumpe 10 umfasst ein Fahrgestell 11, eine z.B. als Zweizylinder-Kolbenpumpe ausgebildete Dickstoffpumpe 12 sowie einen Betonverteilermast 14 als Träger für eine Betonförderleitung 16. Über die Betonförderleitung 16 wird Flüssigbeton, der in einen Aufgabeebehälter 17 während des

5 Betonierens fortlaufend eingebracht wird, zu einer dem Standort des Fahrzeugs 11 entfernt angeordneten Betonierstelle 18 gefördert. Der Verteilermast 14 besteht aus einem mittels eines hydraulischen Drehantriebs 19 um die Hochachse 13 drehbaren Mastbock 21 und einem an diesem schwenkbaren Knickmast 22, der auf variable Reichweite und Höhendifferenz zwischen dem Fahrzeug 11 und der Betonierstelle 18 kontinuierlich einstellbar

10 ist. Der Knickmast 22 besteht bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel aus fünf gelenkig miteinander verbundenen Mastarmen 23 bis 27, die um parallel zueinander und rechtwinklig zur Hochachse 13 des Mastbocks 21 verlaufende Achsen 28 bis 32 schwenkbar sind. Die Knickwinkel  $\alpha_1$  bis  $\alpha_5$  (Fig. 2) der

15 durch die Knickachsen 28 bis 32 gebildeten Knickgelenke und deren Anordnung untereinander sind so aufeinander abgestimmt, dass der Verteilermast mit der aus Fig. 1 ersichtlichen, einer mehrfachen Faltung entsprechenden raumsparenden Transportkonfiguration auf dem Fahrzeug 11 ablegbar ist. Durch eine Aktivierung von Antriebsaggregaten 34 bis 38, die den Knickachsen 28 bis 32 einzeln zugeordnet sind, ist der Knickmast 22 in unterschiedlichen

20 Distanzen  $r$  und/oder Höhendifferenzen  $h$  zwischen der Betonierstelle 18 und dem Fahrzeugstandort entfaltbar (Fig. 2).

Der Bediener steuert mittels eines drahtlosen Fernsteuergeräts 50 die Mastbewegung, durch die die Mastspitze 33 mit dem Endschlauch 43 über den zu betonierenden Bereich hinweggeführt wird. Der Endschlauch 43 hat eine typische Länge von 3 bis 4 m und kann wegen seiner gelenkigen Aufhängung im Bereich der Mastspitze 33 und aufgrund seiner Eigenflexibilität mit seinem Austrittsende von einem Schlauchmann in einer günstigen Position

25 zur Betonierstelle 18 gehalten werden.

30

Aus Fig. 2 ist zu ersehen, dass an jedem Mastarm 23 bis 27 ein geodätischer Winkelsensor 44 bis 48 zur Bestimmung von den einzelnen Mastarmen zugeordneten erdfesten Winkelmesswerten  $\varepsilon_v$  (s. Fig. 3) starr angeordnet ist. Ein weiterer geodätischer Winkelsensor 49 befindet sich am Mastbock 21. Mit diesem kann die Neigung der Hochachse 13 gegenüber der Vertikalen und damit auch die Neigung des Fahrgestells gegenüber dem Untergrund gemessen werden. Die Winkelsensoren 44 bis 48 ersetzen die bei den herkömmlichen Knickmaststeuerungen vorgesehenen knickachsbezogenen Winkelgeber.

10

Wie aus Fig. 3 zu ersehen ist, lassen sich im stationären Zustand die knickachsbezogenen Knickwinkel  $\alpha_v$  aus den mit den geodätischen Winkelsensoren 44 bis 48 bestimmten erdfesten Winkeln  $\varepsilon_v$  der Mastarme wie folgt berechnen:

15

$$\alpha_v = \varepsilon_v - \sum_{n=1}^{v-1} \alpha_n \quad \text{für } v > 1$$

und

20

$$\alpha_1 = \varepsilon_1 \quad \text{für } v = 1,$$

wobei die Aufstellneigung mit Null angenommen wurde. Die geodätischen Winkelsensoren 44 bis 49 sind zweckmäßig als auf die Gravitation der Erde ansprechende Neigungswinkelgeber ausgebildet. Da die Winkelsensoren an den Mastarmen 23 bis 27 außerhalb der Knickachsen 28 bis 32 angeordnet sind, enthalten ihre Messwerte zusätzliche Informationsanteile über die Durchbiegung des Mastsystems und den dynamischen Schwingungszustand. Weiter ist in den Messwerten auch eine Information über die Aufstellneigung und eine Deformation im Unterbau enthalten, die über eine zusätzliche Messstelle 49 am Mastbock oder am Gestell separiert werden kann.

30

Das Fernsteuergerät 50 enthält bei dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel mindestens ein als Steuerhebel ausgebildetes Fernsteuerorgan 60, das in drei Hauptstellrichtungen unter Abgabe von Steuersignalen 62 hin und her  
5 verstellt werden kann. Die Steuersignale 62 werden über eine Funkstrecke 64 zu einem fahrzeugfesten Funkempfänger 66 übertragen, der ausgangssseitig über ein beispielsweise als CAN-Bus ausgebildetes Bussystem 68 an einen Mikrocontroller 70 angeschlossen ist. Der Mikrocontroller 70 enthält Softwaremodule 74,76,78,80, über welche die vom Fernsteuergerät 50 empfangenen Steuersignale 62 ( $\varphi, r, h$ ) und die von den geodätischen Winkelsensoren 44 bis 48 empfangenen Messsignale 82 ( $\varepsilon_v$ ) interpretiert, transformiert und über einen Führungsgrößenregler 84, einen Störgrößenregler 86 und einen nachgeordneten Signalgeber 88 in Betätigungssignale ( $\Delta\alpha_v$ ) für die Antriebsaggregate 34 bis 38 (Aktoren) der Knickachsen 28 bis 32 umgesetzt  
10 werden.  
15

Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel werden die Ausgangssignale des Fernsteuerorgans 60 in den drei Hauptstellrichtungen "Vor-/Zurückkippen" zur Einstellung des Radius  $r$  der Mastspitze 33 von der Drehachse 13 des Mastbocks, "Rechts-/Linkskippen" zur Ansteuerung der Drehachse 13 des Mastbocks 21 um den Winkel  $\varphi$  und "Rechts-/Linksdrehen" zur Einstellung der Höhe  $h$  der Mastspitze 33 über der Betonierstelle 18 interpretiert. Die Auslenkung des Fernsteuerorgans 60 in der jeweiligen Richtung wird in einer nicht dargestellten Interpolationsroutine in ein Geschwindigkeitssignal umgesetzt, wobei eine Grenzwertdatei dafür sorgt, dass die Bewegungsgeschwindigkeit der Achsen und deren Beschleunigung einen vorgegebenen Maximalwert nicht überschreiten (vgl. DE-A-10060077).  
20  
25

Das mit "Transformationsroutine" bezeichnete Softwaremodul 74 hat die Aufgabe, die ankommenden, als Zylinderkoordinaten  $\varphi, r, h$  interpretierten Steuersignale (Sollwerte) in vorgegebenen Zeittakten zu transformieren in  
30

- Winkelsignale  $\varphi_s, \alpha_{sv}$  an den Dreh- und Knickachsen 13,28 bis 32. Jede Knickachse 28 bis 32 wird innerhalb der Transformationsroutine 74 unter Verwendung einer vorgegebenen Weg-/Schwenk-Charakteristik so softwaremäßig angesteuert, dass die Knickgelenke in Abhängigkeit von Weg und Zeit sich harmonisch zueinander bewegen. Die Ansteuerung der redundanten Freiheitsgrade der Knickgelenke erfolgt somit nach einer vorprogrammierten Strategie, mit der auch die Eigenkollisionen mit benachbarten Mastarmen 23 bis 27 im Bewegungsablauf ausgeschlossen werden können.
- 10 Die geodätischen Winkelsensoren 44 bis 48 messen in einem vorgegebenen Zeittakt die augenblicklichen erdfesten Winkel  $\varepsilon_v$  und übertragen die Messwerte über das Bussystem 68 an den Mikrocontroller 74. Die Messwerte  $\varepsilon_v$  werden in dem Softwaremodul 76 in die Knickwinkel-Istwerte  $\alpha_v$  umgerechnet. Die zeitabhängigen Knickwinkel werden dann in dem als "Filterroutine" bezeichneten Softwaremodul 78 aufgeteilt in niederfrequente (quasistationäre) Knickwinkel  $\alpha_v^N$  und in ein höherfrequentes summarisches Knickwinkelsignal  $\alpha^H$ . Die niederfrequenten achsbezogenen Knickwinkel-Istwerte  $\alpha_v^N$  werden in einem Regelvergleich 90 mit den Sollwerten  $\alpha_{sv}$  verglichen und über den Führungsgrößenregler 84 und den Signalgeber 88 zur Ansteuerung der zu den Antriebsaggregaten 34 bis 38 führenden Ventile verwendet. Der höherfrequente summarische Anteil  $\alpha^H$  wird unter Verwendung der erdfesten mastbezogenen Winkelmesswerte  $\varepsilon_v$  in einem als "Korrelationsroutine" bezeichneten Softwaremodul 80 umgesetzt in höherfrequente knickachsbezogene Störsignale  $\alpha_v^H$ , die über einen Regelvergleich 92 und den Störgrößenregler 86 im Sinne einer Störgrößenaufschaltung dem Signalgeber 88 zugeleitet und dabei auf Null geregelt werden.
- 25

Grundsätzlich ist es möglich, anstelle der geodätischen Winkelsensoren auch satellitengesteuerte GPS-Positionssensoren an den Mastarmen vorzusehen. Die damit gemessenen Positionswerte lassen sich als Istwerte über eine geeignete Transformationsroutine 76 in Knickwinkel umrechnen und in

30

gleicher Weise wie die erdfesten Winkelmesswerte mit dem Mikrocontroller 70 auswerten.

Zusammenfassend ist folgendes festzuhalten: Die Erfindung bezieht sich auf  
5 eine Vorrichtung zur Betätigung eines Knickmasts insbesondere für Groß-  
manipulatoren und Betonpumpen. Der Knickmast 22 ist an einem um eine  
Hochachse 13 drehbaren Mastbock 21 angelenkt. Er weist mindestens drei  
Mastarme 23 bis 27 auf, die um jeweils horizontale, zueinander parallele  
Knickachsen 28 bis 32 gegenüber dem Mastbock 21 oder einem benachbar-  
10 ten Mastarm 23 bis 27 mittels je eines Antriebsaggregats 34 bis 38 begrenzt  
verschwenkbar sind. Weiter ist eine Regeleinrichtung zur Ansteuerung der  
Antriebsaggregate für die Mastbewegung vorgesehen, die einen auf eine  
vorgegebene Führungsgröße  $r$  und auf mittels Winkelsensoren 44 bis 48 an  
den Mastarmen 23 bis 27 bestimmte Winkelmesswerte  $\varepsilon_v$  ansprechenden  
15 Koordinatentransformator 74,76 zur Umsetzung in knickachsbezogene Be-  
wegungssignale  $\Delta\alpha_v$  für die Antriebsaggregate 34 bis 38 nach Maßgabe ei-  
ner vorgegebenen Weg-/Schwenk-Charakteristik aufweist. Um eine leichtere  
und vereinfachte Bauweise zu erzielen, wird gemäß der Erfindung vorge-  
schlagen, dass an den Mastarmen 23 bis 27 im Abstand von den Knickach-  
20 sen geodätische Winkelsensoren 44 bis 48 zur Bestimmung von den einzel-  
nen Mastarmen 23 bis 27 zugeordneten erdfesten Winkelmesswerten  $\varepsilon_v$  starr  
angeordnet sind.



## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Betätigung eines Knickmasts (22) der an einem vorzugsweise um eine Hochachse (13) an einem Gestell (11) drehbaren Mastbock (21) angelenkt ist und der mindestens drei Mastarme (23 bis 27) aufweist, die um jeweils horizontale, zueinander parallele Knickachsen (28 bis 32) gegenüber dem Mastbock (21) oder einem benachbarten Mastarm (23 bis 27) mittels je eines Antriebsaggregats (34 bis 38) begrenzt verschwenkbar sind, mit einer Regeleinrichtung (Mikrocontroller 70) zur Ansteuerung der Antriebsaggregate (34 bis 38) für die Mastbewegung, die einen auf eine vorzugsweise in einem gestellfesten Koordinatensystem vorgegebene Führungsgröße ( $r, h$ ) und auf mittels Winkelsensoren (44 bis 48) an den Mastarmen (23 bis 27) bestimmte Winkelmesswerte ( $\varepsilon_v$ ) ansprechenden Koordinatentransformator (74, 76) zur Umsetzung in knickachsbezogene Bewegungssignale ( $\Delta\alpha_v$ ) für die Antriebsaggregate (34 bis 38) nach Maßgabe einer vorgegebenen Weg-/Schwenk-Charakteristik aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass an den Mastarmen (23 bis 27) geodätische Winkelsensoren (44 bis 49) zur Bestimmung von den einzelnen Mastarmen (23 bis 27) zugeordneten erdfesten Winkelmesswerten ( $\varepsilon_v$ ) starr angeordnet sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich ein am Mastbock (21) angeordneter geodätischer Winkelsensor (49) zur Messung eines dem Mastbock (21) zugeordneten erdfesten Winkelmesswerts vorgesehen ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich mindestens ein am Gestell (11) angeordneter geodätischer Winkelsensor zur Messung mindestens eines dem Gestell zugeordneten erdfesten Winkelmesswerts vorgesehen ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die geodätischen Winkelsensoren (44 bis 49) als auf die Gravitation der Erde ansprechende Neigungswinkelgeber ausgebildet sind.
- 5
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Koordinatentransformator eine Softwareroutine (76) zur Umrechnung von erdfesten mastarmbezogenen Winkelmesswerten ( $\epsilon_v$ ) in Knickwinkel ( $\alpha_{iv}$ ) aufweist.
- 10
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Koordinatentransformator eine Softwareroutine (74) zur Umrechnung der Führungsgröße ( $r$ ) nach Maßgabe einer vorgegebenen Weg-/Schwenk-Charakteristik des Knickmasts (22) in Führungsknickwinkel ( $\alpha_{sv}$ ) aufweist.
- 15
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **gekennzeichnet durch** eine auf dynamische Winkelmesswerte ( $\alpha_{iv}$ ) ansprechende Softwareroutine (78) zu deren Aufteilung in niederfrequente und hochfrequente Winkelmesswertanteile.
- 20
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **gekennzeichnet durch** eine Gruppe von knickachsbezogenen Regelvergleichen (90), die mit den stationären oder niederfrequenten Anteilen ( $\alpha_{iv}^N$ ) der knickachsbezogenen Knickwinkel ( $\alpha_{iv}$ ) als Istwerte und den knickachsbezogenen Führungsknickwinkeln ( $\alpha_{sv}$ ) als Sollwerte beaufschlagbar sind und die ausgangsseitig mit knickachsbezogenen Führungsgrößenreglern (84) zur Ansteuerung der Antriebsaggregate (34 bis 38) der betreffenden Knickachsen (28 bis 32) verbunden sind.
- 25
- 30

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **gekennzeichnet durch** eine Gruppe von knickachsbezogenen Störgrößenreglern (86), die mit den knickachsbezogenen höherfrequenten Anteilen ( $\alpha_v^H$ ) der Knickwinkel beaufschlagbar sind und die an die Signaleingänge (88) der zugehörigen Antriebsaggregate (34 bis 38) der Knickachsen (28 bis 32) unter Bildung einer Störgrößenaufschaltung angeschlossen sind.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass den Störgrößenreglern (86) eine auf die erdfesten Winkelmesswerte ( $\epsilon_v$ ) und den höherfrequenten summarischen Anteil  $\alpha^H$  der Knickwinkel ansprechende Softwareroutine (80) zur Bestimmung der knickachsbezogenen höherfrequenten Anteile ( $\alpha_v^H$ ) der Knickwinkel vorgeschaltet ist.
11. Vorrichtung zur Betätigung eines Knickmasts (22) der an einem vorzugsweise um eine Hochachse (13) an einem Gestell (11) drehbaren Mastbock (21) angelenkt ist und der mindestens drei Mastarme (23 bis 27) aufweist, die um jeweils horizontale, zueinander parallele Knickachsen (28 bis 32) gegenüber dem Mastbock (21) oder einem benachbarten Mastarm (23 bis 27) mittels je eines Antriebsaggregats (34 bis 38) begrenzt verschwenkbar sind, mit einer Regeleinrichtung (Mikrocontroller 70) zur Ansteuerung der Antriebsaggregate (34 bis 38) für die Mastbewegung, die einen auf eine vorzugsweise in einem gestellfesten Koordinatensystem vorgegebene Führungsgröße ( $r, h$ ) und auf mittels Winkelsensoren (44 bis 48) an den Mastarmen (23 bis 27) bestimmte Winkelmesswerte ( $\epsilon_v$ ) ansprechenden Koordinatentransformator (74, 76) zur Umsetzung in knickachsbezogene Bewegungssignale ( $\Delta\alpha_v$ ) für die Antriebsaggregate (34 bis 38) nach Maßgabe einer vorgegebenen Weg-/Schwenk-Charakteristik aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, dass an den Mastarmen jeweils ein GPS-Modul zur Bestimmung von den einzelnen Mastarmen zugeordneten erdfesten Positionsmesswer-

ten starr angeordnet sind, wobei der Koordinatentransformator mit den Positionsmesswerten der GPS-Module beaufschlagbar ist.

- 5 12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich ein am Mastbock angeordnetes GPS-Modul zur Messung eines dem Mastbock zugeordneten erdfesten Positionsmesswerts vorgesehen ist.
- 10 13. Vorrichtung nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass zusätzlich mindestens ein am Gestell angeordnetes GPS-Modul zur Messung mindestens eines dem Gestell zugeordneten erdfesten Positionsmesswerts vorgesehen ist.
- 15 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Koordinatentransformator eine Softwareroutine (74) zur Umsetzung von erdfesten mastarmbezogenen Positionsmesswerten in Knickwinkel ( $\alpha_w$ ) aufweist.
- 20 15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Koordinatentransformator eine Softwareroutine zur Umrechnung der Führungsgröße (r) nach Maßgabe einer vorgegebenen Weg-/Schwenk-Charakteristik des Knickmasts (22) in Führungsknickwinkel ( $\alpha_{sv}$ ) aufweist.
- 25 16. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, **gekennzeichnet durch** eine auf die dynamischen Positionsmesswerte ansprechende Softwareroutine (78) zu deren Aufteilung in niederfrequente und höherfrequente Positionsmesswertanteile.
- 30 17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, **gekennzeichnet durch** eine Gruppe von knickachsbezogenen Regelvergleichern (90), die mit den

stationären oder niederfrequenten Anteilen ( $\alpha_v^N$ ) der Knickwinkel ( $\alpha_v$ ) als Istwerte und den Führungswinkeln ( $\alpha_{sv}$ ) als Sollwerte beaufschlagbar sind und die ausgangsseitig mit je einem knickachsbezogenen Führungsgrößenregler (84) zur Ansteuerung der Antriebsaggregate der betreffenden Knickachsen (28 bis 32) verbunden sind.

5

18. Vorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, **gekennzeichnet durch** eine Gruppe von knickachsbezogenen Störgrößenreglern (86), die mit den knickachsbezogenen höherfrequenten Anteilen ( $\alpha_v^H$ ) der Knickwinkel beaufschlagbar sind und die an die Signaleingänge (88) der zugehörigen Antriebsaggregate (34 bis 38) der Knickachsen (28 bis 32) unter Bildung einer Störgrößenaufschaltung angeschlossen sind.

10

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass den Störgrößenreglern (86) eine auf die erdfesten Positionsmesswerte und den hochfrequenten Anteil ( $\alpha^H$ ) der Knickwinkel ansprechende Softwareroutine (80) zur Bestimmung der knickachsbezogenen hochfrequenten Anteile ( $\alpha_v^H$ ) der Knickwinkel vorgeschaltet ist.

15

## Zusammenfassung

### Vorrichtung zur Betätigung eines Knickmasts

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Betätigung eines Knickmasts insbesondere für Großmanipulatoren und Betonpumpen. Der Knickmast (22) ist an einem um eine Hochachse (13) drehbaren Mastbock (21) angelenkt. Er weist mindestens drei Mastarme (23 bis 27) auf, die um jeweils horizontale, zueinander parallele Knickachsen (28 bis 32) gegenüber dem
- 10 Mastbock (21) oder einem benachbarten Mastarm (23 bis 27) mittels je eines Antriebsaggregats (34 bis 38) begrenzt verschwenkbar sind. Weiter ist eine Regeleinrichtung zur Ansteuerung der Antriebsaggregate für die Mastbewegung vorgesehen, die einen auf eine vorgegebene Führungsgröße ( $r$ ) und auf mittels Winkelsensoren (44 bis 48) an den Mastarmen (23 bis 27) be-
- 15 stimmte Winkelmesswerte ( $\varepsilon_v$ ) ansprechenden Koordinatentransformator (74,76) zur Umsetzung in knickachsbezogene Bewegungssignale ( $\Delta\alpha_v$ ) für die Antriebsaggregate (34 bis 38) nach Maßgabe einer vorgegebenen Weg-/Schwenk-Charakteristik aufweist. Um eine leichtere und vereinfachte Bauweise zu erzielen, wird gemäß der Erfindung vorgeschlagen, dass an den
- 20 Mastarmen (23 bis 27) geodätische Winkelsensoren (44 bis 48) zur Bestimmung von den einzelnen Mastarmen (23 bis 27) zugeordneten erdfesten Winkelmesswerten ( $\varepsilon_v$ ) starr angeordnet sind.

(Fig. 2)

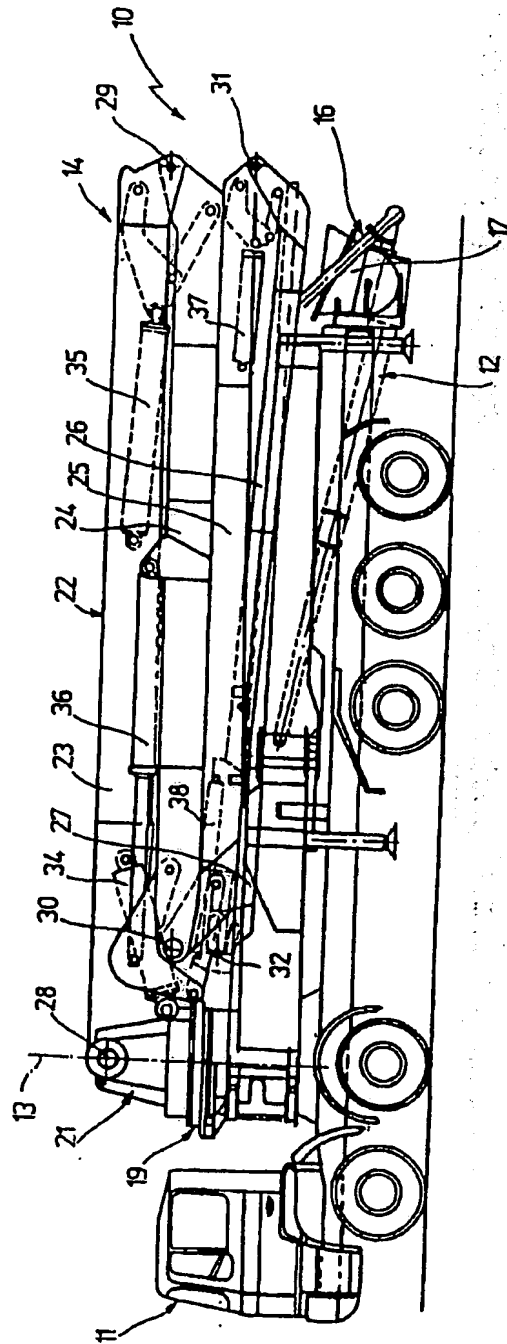
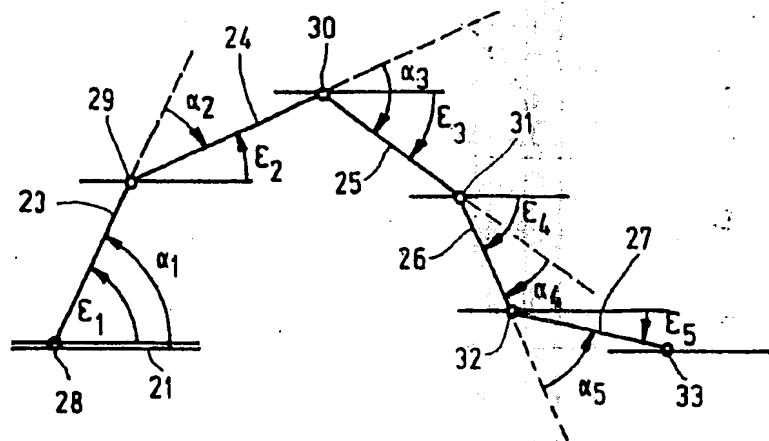
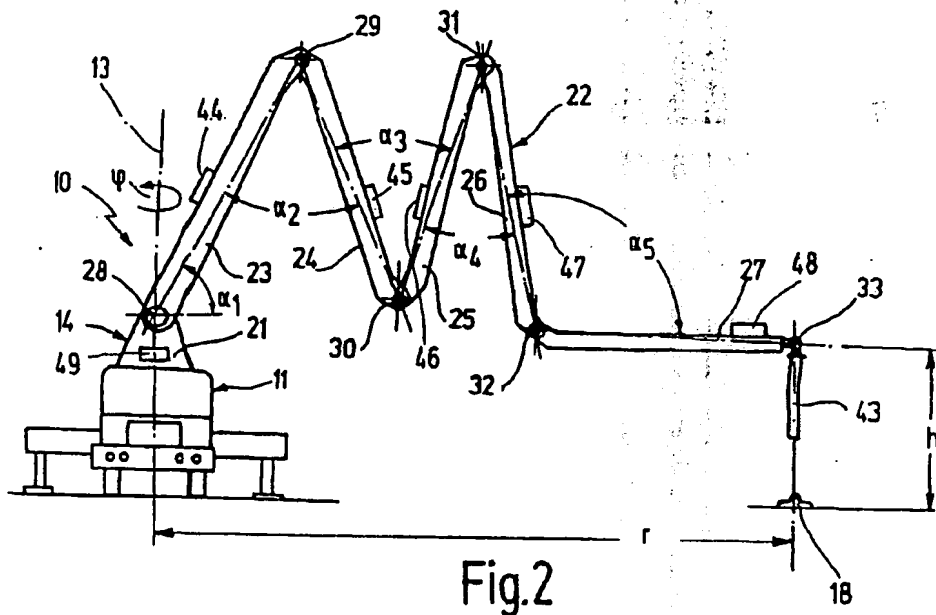


Fig. 1





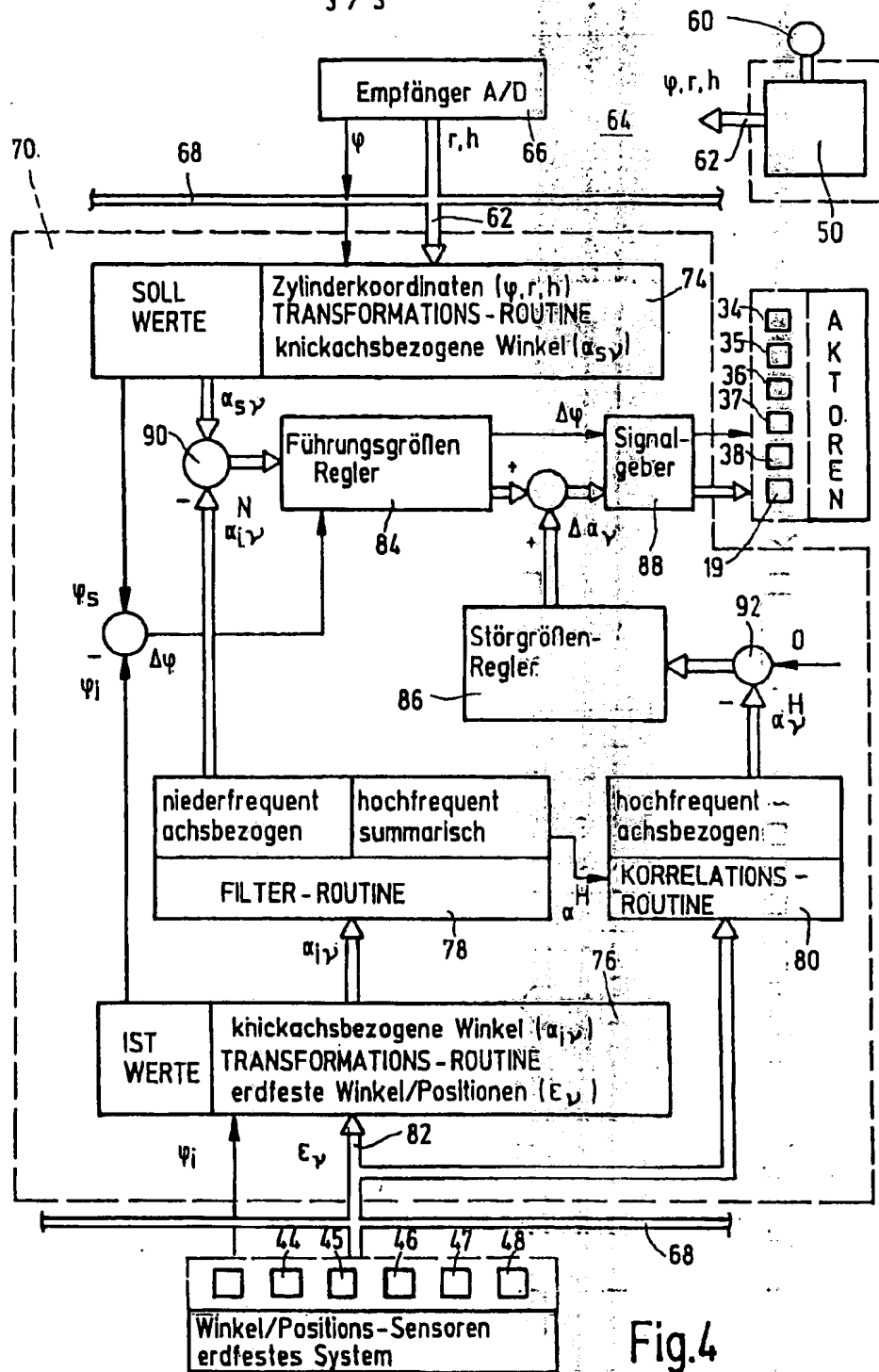


Fig.4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**